

Licenciamento automático de projectos: um incentivo à adopção de metodologias BIM

André Monteiro
Investigador, FEUP
agcm@fe.up.pt

João Poças Martins
Professor Auxiliar, FEUP
jppm@fe.up.pt

Área Científica - CT 7

Resumo

Os recentes avanços nas ferramentas de Building Information Modeling (BIM) vêm motivando uma crescente onda de curiosidade sobre as reais aplicações destas ferramentas. Com a produção automática de peças desenhadas, a compatibilização de projectos e a redução de erros e omissões como bandeiras da tecnologia, parece ainda assim não haver incentivos suficientes para uma adopção mais generalizada das ferramentas. O licenciamento automático de projectos apoiado em ferramentas de modelação BIM é visto como uma possível solução para alterar este paradigma. Neste artigo são analisados os princípios que sustentam os sistemas de licenciamento automático de projectos apoiados em ferramentas BIM, é discutido o papel do modelo IFC enquanto formato padrão para troca de dados entre a plataforma de projecto e a plataforma de licenciamento, é enquadrada a evolução do processo de licenciamento ao longo das últimas décadas, e é apresentada uma aplicação de licenciamento automático de projectos de redes de distribuição predial de água desenvolvida na FEUP.

Palavras-chave: Licenciamento automático de projectos, BIM, IFC, DR nº 23/95

1. Introdução

1.1. BIM

Building Information Modeling (BIM) representa uma nova abordagem aos processos de gestão de informação na construção, apoiada em ferramentas caracterizadas por elevados índices de automação e integração de informação [1]. As ferramentas BIM giram em torno de um modelo tridimensional "inteligente" que agrega, compatibiliza e interliga os vários elementos constituintes do projecto [2].

Actualmente é possível encontrar diversos relatos bem documentados da aplicação de tecnologias BIM a projectos reais [3-5], no entanto, é também uma realidade que a adopção dos BIM não se verifica de forma generalizada [6].

Vários autores defendem que os verdadeiros benefícios da utilização das ferramentas BIM apenas se verificam quando estas são aplicadas à totalidade do projecto, durante todo o processo construtivo [1]. Este tipo de abordagem representa um âmbito bastante alargado, abrangendo as várias especialidades diferentes da construção sendo assim necessário compatibilizar informação proveniente de várias fontes diferentes. Tendo presente que problemas de interoperabilidade podem resultar em custos adicionais significativos [7], torna-se indispensável garantir a interoperabilidade entre os vários sistemas.

Várias iniciativas surgiram para responder aos problemas de interoperabilidade, sobretudo através da criação de formatos universais para classificação e organização dos elementos da construção. Entre os vários formatos, o modelo IFC [8] foi ganhando sucessivamente maior destaque, compreendendo um espectro bastante abrangente das necessidades de representação. Actualmente o formato já se encontra inserido nas mais importantes aplicações BIM, no entanto, o formato IFC por si só não elimina todos os problemas de interoperabilidade, visto que o modelo é omissivo em relação a elementos de carácter específico. Como o modelo é bastante completo, atravessando as várias especialidades da construção, são criadas muitas entidades de nível pouco específico. Entrar ao pormenor em cada uma das frentes, significa aumentar exponencialmente o número de elementos do modelo, sem garantias que continue a ser suficiente. Na verdade, a compatibilidade dos elementos depende mais dos produtores de software BIM do que da equipa encarregue do desenvolvimento e manutenção do modelo IFC. Para dar resposta à falta de compatibilidade para níveis de detalhe elevados é necessário adoptar uma série de procedimentos, isto é,

normas de trabalho, destinadas a controlar o fluxo de dados para garantir a integridade da informação.

As normas de trabalho BIM são rigorosas e exigentes pelo que não costumam ser muito bem recebida pela comunidade técnica [2,9]. Assim, torna-se necessário criar incentivos que justifiquem as mudanças que é necessário introduzir.

1.2. Licenciamento de projectos

O licenciamento é uma etapa obrigatória e comum a todos os projectos. Habitualmente, o processo de licenciamento consiste na verificação do cumprimento de certos parâmetros, tais como coeficientes específicos, variáveis, medidas ou disposições espaciais. O processo de verificação é por norma manual embora o recurso a ferramentas informáticas seja cada vez mais comum como forma de apoio. Tal no entanto não deve ser confundido com licenciamento automático.

O que caracteriza o licenciamento automático é o facto de a informação ser automaticamente extraída do projecto para então ser verificada, isto é, o input do processo não são as variáveis de cálculo mas todo o projecto, com o modelo de licenciamento a extrair informação directamente do modelo de projecto. Deste modo, evitam-se erros e omissões no projecto de licenciamento e aumenta-se a facilidade de verificação do mesmo.

O licenciamento automático torna-se uma realidade com as ferramentas BIM. Apenas através da utilização de modelos orientados por objectos sujeitos a ligações paramétricas se consegue aplicar directamente os critérios de conformidade para verificação automática do modelo a um projecto [10].

O licenciamento automático de projectos está sujeito às condicionantes de interoperabilidade, pelo que deve ser inserido num fluxo BIM o mais dinâmico possível.

1.3. LicA

LicA (LICenciamento Automático) [6] é uma aplicação que efectua a verificação automática da conformidade de projectos de redes de distribuição predial de água com as disposições do Decreto Regulamentar nº 23/95.

A aplicação apresenta um âmbito bastante específico, visto ter sido desenvolvida de raiz com base nas especificações do regulamento. As especificações introduzidas na base de dados do LicA foram desenvolvidas com base em cada uma das directivas do regulamento. Estas foram revistas individualmente de modo a determinar a melhor forma de as converter numa especificação computável, isto é, passível de ser escrita e interpretada por uma ferramenta informática.

Embora o licenciamento automático seja desejavelmente aplicável a todo o projecto, e portanto de âmbito completo, preferiu-se restringir o LicA a um domínio específico de modo a mostrar que é possível utilizar modelos BIM de âmbito reduzido de modo a satisfazer as necessidades individuais do utilizador. Pretende-se assim mostrar que o licenciamento automático não é um fim em si mesmo. Antes, é um exemplo dos benefícios imediatos que um utilizador pode obter ao adoptar voluntariamente este tipo de tecnologias, servindo assim como um mecanismo para estimular a adopção de ferramentas BIM.

2. Verificação de conformidade regulamentar em projectos

2.1. Retrospectiva

A automatização dos processos de licenciamento já é objecto de estudo há algum tempo. De acordo com os registos encontrados, a pesquisa é iniciada por Fenves em 1966 [11] tendo-se então focado na organização lógica de estruturas de regras e regulamentos. Fenves e os seus seguidores continuaram a pesquisa nos anos que se seguiram tendo-se então registado progresso sucessivo nesta área, incluindo a nível da estruturação de dados de regulamentos em tabelas de decisão [11], abordagem lógica a processos de cálculo [12] e à standardização das especificações de projecto [13], e desenvolvimento de mecanismos de análise para aplicações informáticas [14,15]. Os avanços registados durante este período foram



significativos, ainda que em última análise, os processos de licenciamento resultantes continuassem a ser maioritariamente manuais.

O licenciamento automático ganhou relevância como tema de pesquisa na década de 90. A adopção generalizada das ferramentas CAD por parte da comunidade técnica, a imergência das ferramentas BIM como um novo paradigma de abordagem ao projecto, o desenvolvimento do modelo IFC como formato standard de interoperabilidade [16], e inspirado pelo licenciamento automático de projectos na engenharia mecânica [17], foi reconhecida a relevância deste tema no então contexto actual, tendo-se iniciado a formalização dos conceitos especificamente relacionados com o desenvolvimento de um sistema de licenciamento automático. Os primeiros estudos apresentavam um âmbito bastante específico. O mesmo tipo de fluxo de informação genérico foi aplicado a diferentes domínios de aplicação, nomeadamente segurança contra incêndios [18], design estrutural [19] e acessibilidades [20,21].

Mais recentemente, estudos e projectos-piloto têm sido requisitados e financiados por entidades governamentais de alguns países com o intuito de introduzir os conceitos de licenciamento automático nos seus processos e encontrar a melhor forma de os implementar. As mais importantes iniciativas incluem a plataforma CORENET em Singapura [22], o projecto ByggSøk [23] na Noruega, a plataforma DesignCheck [24] na Austrália e o projecto SMARTcodes [25] nos Estados Unidos da América.

2.2. Requisitos

Existe uma série de requisitos fundamentais para a viabilidade do licenciamento automático de projectos se verificar.

O conceito de modelação orientada por objectos entende-se como a atribuição de significado semântico a um objecto através da definição e integração de vários parâmetros na sua definição, o que significa que um objecto já não é apenas um conjunto de linhas, formas ou texto, mas sim um elemento interactivo e "inteligente". O conceito de "inteligência" em objectos está relacionado com um outro conceito, o de ligações paramétricas. Esta funcionalidade permite que as alterações introduzidas em determinado elemento se propaguem pelos restantes elementos conforme acontece na realidade. O objecto recebe inputs indirectos portanto. Estas duas funcionalidades essenciais permitem automatizar os processos de extracção da informação do modelo de projecto com vista à verificação de conformidade regulamentar e adicionar regras e restrições aos elementos do modelo. Pretende-se desta forma minimizar a introdução manual de informação para efeitos da verificação de conformidade.

A uniformização das disposições regulamentares e das respectivas especificações informáticas é outro requisito bastante importante dada a dificuldade em converter uma directiva regulamentar com vista à leitura e aplicação manual para uma versão semelhante para leitura e aplicação informática. Quanto mais uniformes forem as especificações, menos problemas de interoperabilidade surgirão.

A interoperabilidade também apresenta requisitos a nível procedimental e não apenas em relação à base de dados e ao sistema operativo. Deste modo, é necessário uniformizar e parametrizar as metodologias de aplicação do licenciamento automático para assegurar a integridade do processo.

2.3. Sistema

O processo de licenciamento automático engloba as seguintes fases [26]: (1) interpretação das disposições regulamentares e passagem das especificações para linguagem de programação (2) preparação do modelo de licenciamento, através da utilização de modelos existentes ou da criação de uma nova base de dados capaz de satisfazer as exigências de utilização estabelecidas pelo regulamento (3) desenvolvimento da aplicação que correrá as rotinas de verificação com base na informação do modelo de licenciamento (4) criação de mecanismos para a produção de outputs através de relatórios gráficos ou de documentação escrita.

O factor essencial que distingue um processo de licenciamento de um processo de licenciamento automático é a extracção da informação do modelo de projecto para o modelo

de licenciamento. Em processos tradicionais, a informação é extraída do modelo de projecto de forma manual ou automática e introduzida manualmente no modelo de licenciamento, ao contrário do licenciamento automático onde a informação é extraída automaticamente do modelo de projecto e transmitida também automaticamente para o modelo de licenciamento. Em qualquer um dos casos, existe ainda um terceiro tipo de extracção de informação onde a informação retirada do modelo de projecto é submetida a um modelo de cálculo e análise para gerar informação complexa, como por exemplo para análise de estabilidade, para então ser transmitida ao modelo de licenciamento.

Um sistema de licenciamento automático pode ser aplicado de várias formas [26]: (1) como uma ligação directa do tipo "Plug-in" a um software de modelação (2) como uma aplicação independente do software de modelação (3) como uma plataforma electrónica para submissão dos modelos de projecto acessível via internet.

No futuro, espera-se que o licenciamento automático evolua para um sistema pró-activo, capaz de receber informação regulamentar e fornecer uma solução óptima do modelo de projecto que esteja de acordo com as disposições regulamentares [27].

3. LicA

3.1. Introdução

LicA (LICenciamento Automático) [6] é uma aplicação informática desenvolvida na FEUP com vista ao licenciamento automático de projectos de redes de distribuição predial de água com base no Decreto Regulamentar nº23/95.

A base de dados do LicA inclui um conjunto de tabelas com todos os objectos necessários para representar a rede predial e as rotinas de cálculo hidráulico e de verificação regulamentar. Os resultados são compilados em tabelas para processamento posterior. A base de dados permite a integração com várias aplicações, inclusive plataformas Web.

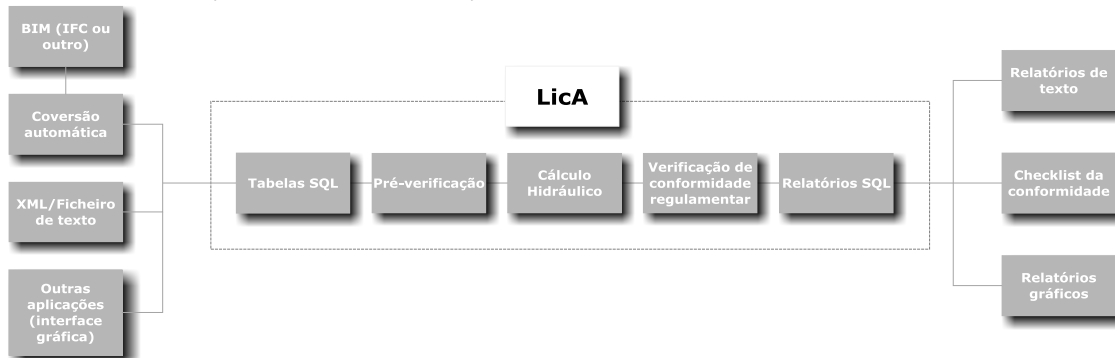


Figura 1 - Arquitectura conceptual do LicA - elementos de input, base de dados e elementos de output.

Em paralelo com a base de dados, foi desenvolvida uma interface gráfica para o LicA. A aplicação, denominada LiCAD, permite o input de dados num modelo tridimensional da rede e a visualização de resultados, quer directamente a partir do modelo através de códigos de cores e caixas de texto, quer através da compilação dos resultados em tabelas em formato de relatório.

A base de dados e a interface gráfica são duas aplicações distintas e independentes ainda que complementares. Foi escolhida esta abordagem para permitir a utilização de ambas aplicações em conjunto com outros sistemas. Deste modo, previnem-se certos problemas de interoperabilidade. Por outro lado, as bases de dados costumam ter um período de vida útil superior ao das interfaces gráficas. Tornar as aplicações independentes permite realizar a sua actualização de forma mais simples e rápida.

A base de dados foi desenvolvida em SQL por se tratar de um formato bastante estável e universal, assegurando assim a interoperabilidade com outras aplicações, especialmente aplicações Web.

A questão da interoperabilidade com aplicações BIM em particular foi ponderada durante o desenvolvimento do LicA. O modelo IFC foi estudado para o efeito, tendo-se chegado à

conclusão que apesar de representar um formato bastante consistente e abrangente para a representação de elementos da construção [1], não compensava o esforço adicional de implementação, devido ao facto de o modelo ainda não ser considerado standard [28], quer oficialmente pelas entidades competentes [28], quer pela comunidade técnica [29].

Com o modelo IFC de parte, pelo menos na fase inicial de desenvolvimento do LicA, era necessário criar um novo formato que fosse suficientemente sólido e consistente para correr de forma eficaz. De acordo com [30], na ausência de um formato abrangente e completo, deverão ser utilizados formatos pequenos e compactos, focados apenas no domínio em questão. Assim, foi seguida uma abordagem minimalista do tipo "bottom-up" para desenvolver um modelo parcial capaz de responder às exigências específicas de utilização.

3.2. Descrição do modelo

3.2.1. Base de dados

A base de dados do modelo suporta redes de água quente e redes de água fria.

A representação da rede realiza-se através de linhas e nós. Todos os consumos encontram-se associados aos nós e em todos os nós é realizada a devida análise hidráulica. Cada nó tem os seus próprios valores de caudal e pressão. Os dispositivos podem incluir um ou vários nós. As linhas ou segmentos podem assumir a função de uma tubagem, válvula ou bomba. A classificação das tubagens é feita de acordo com a localização, interior ou exterior ao edifício, com o isolamento térmico, existente ou não existente, e o tipo de material. Todos os tipos de válvula mencionados no regulamento encontram-se incluídos na base de dados. Os dispositivos dependem do projecto de arquitectura, pelo que esta informação é introduzida manualmente, dado que o modelo não é compatível com modelos de projecto BIM. Nem todos os objectos presentes no regulamento se encontram representados na base de dados, no entanto, é possível utilizar os objectos existentes para simular o comportamento hidráulico de objectos em falta.

A base de dados contém uma série de tabelas com a definição das rotinas de cálculo e de verificação regulamentar. As rotinas foram desenvolvidas para devolver informação em forma de avisos ou de relatórios conforme o caso. A base de dados contém ainda uma outra rotina de análise da viabilidade hidráulica da rede, a efectuar previamente a qualquer outra operação. Quando a rotina se depara com conflitos ou inconsistências, o processo é parado e a devida mensagem de erro apresentada ao utilizador. Os outputs da análise de viabilidade hidráulica incluem caudais, pressões, perdas nos nós e comprimento das tubagens. O resultado da análise é apresentado com auxílio de um código de cores.

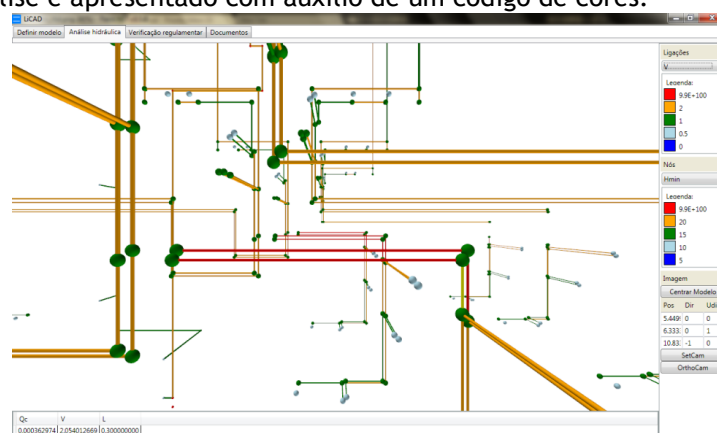


Figura 2 - Outputs da análise de viabilidade hidráulica.

3.2.2. Interface gráfica

Juntamente com a base de dados, foi desenvolvida uma aplicação independente para funcionar como interface gráfica da base de dados LicA, o LiCAD. Nesta aplicação é possível aceder não só ao modelo tridimensional como a todos os documentos gerados pela aplicação, incluindo plantas e alçados da rede, vistas tridimensionais, relatórios da análise de viabilidade hidráulica, medições e resultados da verificação de conformidade regulamentar.

A interface gráfica encontra-se dividida em 4 janelas:

1. Definir modelo: modelação e navegação da rede

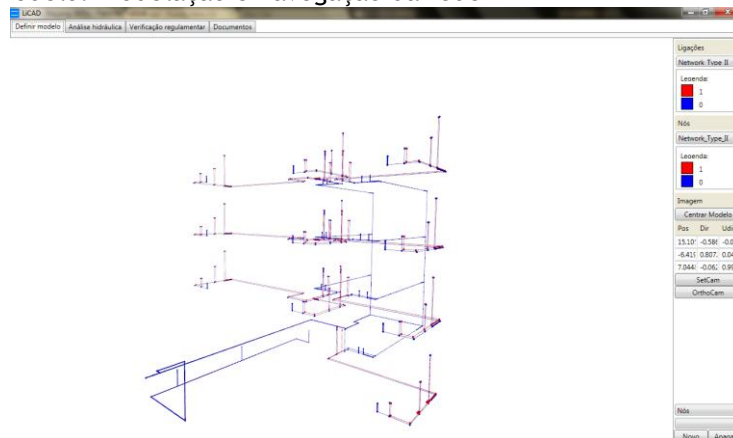


Figura 3 - Modelação da rede - vista 3D.

2. Análise hidráulica: comandos para correr as rotinas de cálculo e visualização dos resultados

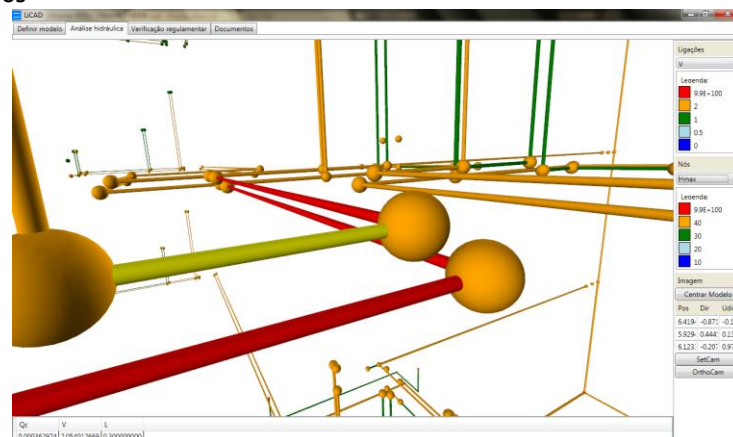


Figura 4 - Análise da viabilidade hidráulica com recurso a código de cores.

3. Verificação regulamentar: comandos para correr as rotinas de verificação regulamentar e visualização dos resultados

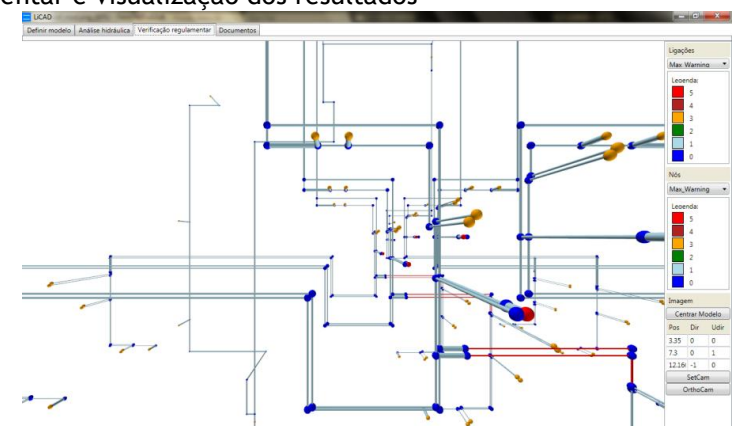


Figura 5 - Resultados da verificação de conformidade regulamentar dispostos segundo um código de cores.

4. Documentos: relatórios de texto da análise hidráulica e da verificação regulamentar

LICAD														
Definir modelo Análise hidráulica Verificação regulamentar Documentos														
Trapa	Nom	Nju	Complemento (m)	DI (mm)	DN (mm)	Qnom (l/s)	Qmax (l/s)	Qc (l/s)	V (m/s)	Press_mom (mca)	Press_jus (mca)	Press_mom (mca)	Press_jus (mca)	
2	12	1	10.30	50	NA	15.25	0.00	2.31	1.18	25.40	25.19	40.77	40.77	
4	12	5	10.30	50	NA	15.25	0.00	2.31	1.18	25.40	25.19	40.77	40.77	
5	5	6	1.00	50	NA	15.25	0.00	2.31	1.18	25.19	25.07	40.36	40.24	
6	7	1	1.50	50	NA	15.25	0.00	2.31	1.18	25.07	24.95	40.24	40.19	
7	7	8	0.40	50	NA	15.25	0.00	2.31	1.18	25.01	24.90	40.19	40.17	
8	8	9	2.20	50	NA	15.25	0.00	2.31	1.18	25.00	24.91	40.17	40.08	
9	10	10	4.40	40	NA	7.00	0.00	1.93	1.02	14.81	14.74	40.08	39.85	
11	11	12	5.30	25	NA	1.75	0.00	0.74	1.51	14.87	14.02	39.85	39.01	
12	12	13	0.20	25	NA	0.55	0.00	0.40	0.82	14.02	13.32	39.01	38.00	
13	13	14	1.70	25	NA	1.20	0.00	0.61	1.34	14.02	13.44	39.01	38.62	
26	27	15	0.70	20	NA	0.55	0.00	0.40	1.30	13.72	13.51	38.70	38.59	
15	15	16	5.40	20	NA	0.55	0.00	0.40	1.28	13.51	12.63	38.59	37.72	
17	17	18	0.30	15	NA	0.55	0.00	0.40	1.28	12.63	12.42	37.72	37.51	
18	18	19	0.90	15	NA	0.30	0.00	0.29	1.86	12.42	11.26	37.51	37.17	
19	19	20	0.80	15	NA	0.20	0.00	0.20	1.13	11.26	10.67	37.17	37.03	
20	20	21	0.80	15	NA	0.20	0.00	0.20	1.13	10.67	10.52	37.03	36.89	
21	21	22	0.50	15	NA	0.10	0.00	0.10	0.57	10.52	10.30	36.89	36.86	
23	23	24	0.30	20	NA	0.15	0.00	0.12	1.01	11.32	11.29	36.00	35.97	
24	24	25	0.70	20	NA	0.20	0.00	0.20	0.84	11.29	11.26	35.97	35.94	
25	25	26	0.30	20	NA	0.20	0.00	0.20	0.84	11.26	11.25	35.94	35.93	
14	14	27	1.10	25	NA	1.20	0.00	0.61	1.24	13.84	13.72	38.82	38.70	
27	27	28	1.30	20	NA	0.85	0.00	0.44	1.40	13.72	13.71	38.70	38.70	
29	29	30	0.05	20	NA	0.85	0.00	0.44	1.40	13.88	13.97	36.96	36.95	
30	30	31	1.45	20	NA	0.65	0.00	0.44	1.40	11.97	13.15	36.95	38.14	
31	31	32	0.40	20	NA	0.20	0.00	0.20	0.84	13.15	13.20	38.14	38.12	
32	32	33	0.70	20	NA	0.45	0.00	0.36	1.16	13.15	13.07	38.14	38.05	
33	33	34	5.55	20	NA	0.45	0.00	0.36	1.16	13.07	12.36	38.05	37.34	
35	35	36	0.05	20	NA	0.20	0.00	0.20	0.84	12.36	11.35	37.34	37.34	
36	36	37	0.30	20	NA	0.20	0.00	0.20	0.84	11.35	11.35	37.34	37.34	
37	37	38	0.05	20	NA	0.20	0.00	0.20	0.84	11.35	11.35	37.34	37.33	
38	38	39	0.80	15	NA	0.20	0.00	0.20	1.13	11.35	11.20	37.33	37.19	
39	39	40	0.05	15	NA	0.10	0.00	0.10	0.57	11.20	10.55	37.19	37.18	
40	40	41	0.10	15	NA	0.10	0.00	0.10	0.57	10.55	10.54	37.18	37.18	
41	41	42	0.05	15	NA	0.10	0.00	0.10	0.57	10.54	10.54	37.18	37.15	
42	42	43	0.75	15	NA	0.10	0.00	0.10	0.57	10.54	10.51	37.15	37.11	
43	43	44	0.75	15	NA	0.10	0.00	0.10	0.57	10.51	10.47	37.15	37.11	

Figura 6 - Tabela com os valores calculados através da rotina de análise de viabilidade hidráulica.

LICAD														
Definir modelo Análise hidráulica Verificação regulamentar Documentos														
Elemento	ID	Artigo	Mensagem											
Não especificado	NA	108.1	A rede não contém reservatórios prediais. (Art. 108º-1)											
Não	184	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	184	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	184	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a montante) superior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	184	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de retenção a montante (Art. 102º-9)											
Não	184	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de segurança a montante (Art. 102º-9)											
Não	185	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	185	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a montante) superior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	185	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	185	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de segurança a montante (Art. 102º-9)											
Não	185	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de retenção a montante (Art. 102º-9)											
Não	185	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	185	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	185	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de segurança a montante (Art. 102º-9)											
Não	185	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de retenção a montante (Art. 102º-9)											
Não	247	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	247	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a montante) superior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	247	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	247	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de segurança a montante (Art. 102º-9)											
Não	247	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de retenção a montante (Art. 102º-9)											
Não	248	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	248	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a montante) superior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	248	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	248	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de segurança a montante (Art. 102º-9)											
Não	248	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de retenção a montante (Art. 102º-9)											
Não	249	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	249	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	249	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de segurança a montante (Art. 102º-9)											
Não	249	102.9	Aparelho produtor-accumulator de água quente sem válvula de retenção a montante (Art. 102º-9)											
Não	280	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	280	91.4	Aplicação de coeficiente de simultaneidade de acordo com Regulamento (Art. 91º-4 e 5)											
Não	280	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a montante) superior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	280	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											
Não	281	90.2	Caudal instantâneo regista valor mínimo regulamentar DU valor mínimo regulamentar não existente para o dispositivo de utilização (Art. 90.2)											
Não	281	91.4	Aplicação de coeficiente de simultaneidade de acordo com Regulamento (Art. 91º-4 e 5)											
Não	281	87.2	Pressão de serviço (definida por condições a jusante) inferior a recomendada no dispositivo (Art. 87º-2)											

Figura 7 - Tabela com os valores calculados através da rotina de verificação de conformidade regulamentar.

3.3. Submissão do modelo

Há mais de uma década que o formato XML tem sido o formato standard para trocas de dados entre aplicações na internet [31]. Desenvolvida em SQL, um formato compatível com o XML, a base de dados do LicA permite a importação de dados em formato XML.

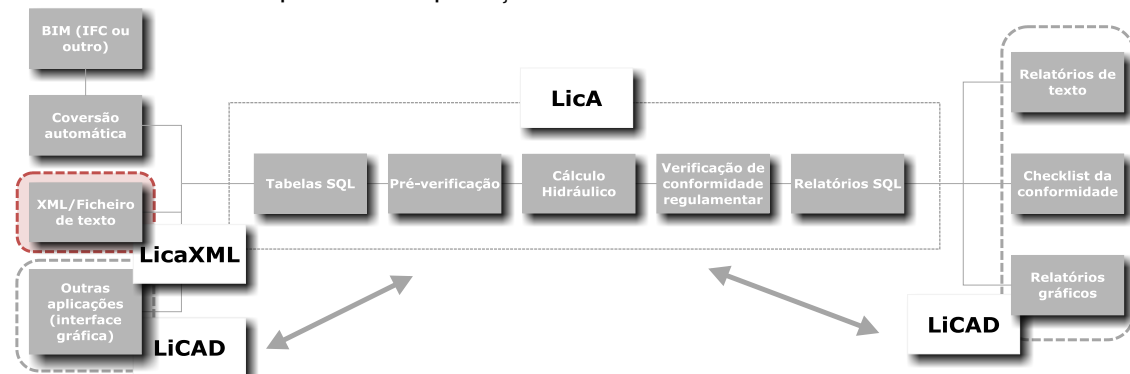


Figura 8 - Relações conceituais entre o LicA, o LiCAD e o LicaXML.

O XML é um formato bastante interoperável, no entanto, não se enquadra muito bem na troca de modelos de dados orientados por objectos, precisamente a abordagem seguida nos modelos BIM. Com efeito, um rápido levantamento das principais aplicações BIM permite concluir que este formato não se encontra presente nas suas especificações, mas antes as suas variantes. Variantes como por exemplo o ifcXML [8], uma adaptação das especificações IFC em EXPRESS para linguagem XML.

Tal como foi referido anteriormente, o LicA foi desenvolvido para funcionar isoladamente, isto é, a modelação e a verificação são realizadas na mesma aplicação, a qual se destina exclusivamente ao domínio abrangido pelo DR n.º 23/95. Ainda assim, foram adicionadas algumas soluções que permitem criar ligações com outras aplicações. O formato XML por si só não é suficiente, no entanto, dada a compatibilidade deste formato com o modelo IFC através do ifcXML, estão criadas as bases para desenvolver uma plataforma de submissão directa de modelos BIM no LicA. Para tal seria necessário acrescentar as devidas especificações ifcXML à base de dados LicA e criar uma interface gráfica para realizar a gestão deste processo.

4. Interoperabilidade

Conceptualmente, um sistema de licenciamento automático é representado por um modelo de projecto, um modelo de licenciamento e uma dinâmica de interacção entre ambos. Tendo em conta as actuais ferramentas e funcionalidades disponíveis, o modelo de projecto poderia ser representado por uma aplicação BIM, por exemplo o Revit MEP no caso das redes prediais, o modelo de licenciamento pelo LicA e a interacção entre ambos efectuada através do modelo IFC.

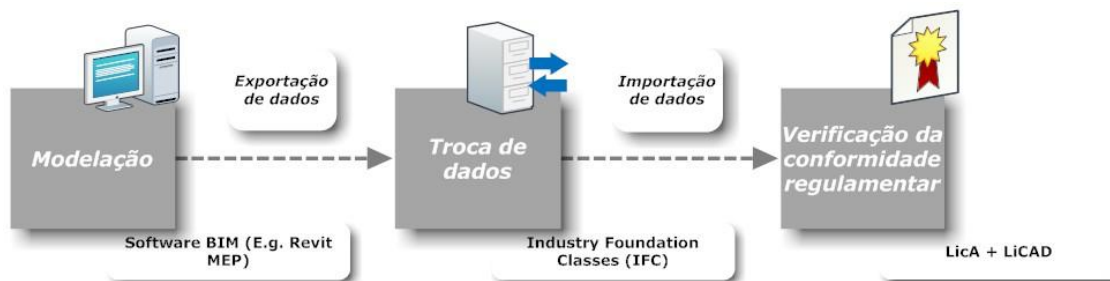


Figura 9 - Arquitectura do fluxo de dados num sistema de licenciamento automático composto por BIM, IFC e LicA.

O esboço da Figura 9 - é puramente conceptual dado que o LicA não importa ficheiros IFC. Assim, numa fase posterior ao desenvolvimento da aplicação procedeu-se à análise de compatibilidade entre as bases de dados do modelo IFC e do LicA com o intuito de perceber se o esboço proposto é viável ou não.

As entidades IFC relevantes para o domínio das redes prediais de água em particular encontram-se distribuídas em dois módulos, "IfcSharedBldgServiceElements" e "IfcPlumbingFireProtectionDomain" [8].

A base de dados do LicA consiste numa série de entidades que definem os objectos necessários à representação da rede. Para determinar a compatibilidade do LicA com o modelo IFC, foram pesquisadas as entidades IFC equivalentes às entidades presentes na base de dados do LicA. As entidades foram depois comparadas entre si de modo a verificar se as definições, parâmetros e propriedades de cada entidade IFC eram também equivalentes às respectivas entidades LicA. Chegou-se à conclusão que existiam três tipos de correspondências entre as entidades das duas bases de dados [32]: (1) correspondência directa, para as entidades com significado semântico idêntico (2) correspondência indirecta, para as entidades referentes a uma mesma classe de elementos, mas que não partilham as mesmas propriedades (3) correspondência indeterminada, para as entidades LicA que não encontraram correspondência no modelo IFC.

Os resultados da pesquisa efectuada [32] foram, de modo geral, satisfatórios. Verificou-se que a grande maioria das entidades LicA apresenta correspondência directa com a respectiva entidade IFC, incluindo os principais elementos definidores da rede, como tubagens, nós, dispositivos, funções espaciais, funções de texto e medição, entre outras. As válvulas, os materiais e as zonas (ligação com o projecto de arquitectura) apenas são definidas no modelo IFC como uma classe de objectos, sem entrar no detalhe das propriedades de acordo com as especificações LicA, pelo que foram consideradas correspondências indirectas. Nestes casos, será necessário acrescentar as propriedades específicas na forma de "Property Sets". Em relação às correspondências indeterminadas, foram muito poucos os casos identificados, restringindo-se sobretudo a certas unidades de medida não standard específicas do Decreto

Regulamentar Português. Nestes casos seria necessário criar uma nova entidade IFC para definição destes elementos.

A análise efectuada validou o modelo IFC como formato para troca de dados entre modelo de projecto e modelo de licenciamento. Sabendo que as operações de importação e exportação em IFC representam alguma perda de dados, é notória a capacidade do modelo para representar, de um modo geral, os elementos de uma rede predial de acordo com as especificações do LicA.

5. Conclusões

O licenciamento automático de projectos como processo completo, consistente e devidamente implementado ainda se encontra a anos distante. Trata-se de um processo que abrange um grande número de variáveis e onde a interoperabilidade é decisiva para a integridade e fluidez do processo. A análise das actuais iniciativas em curso de licenciamento automático de projectos mostram já alguns casos onde o processo já se encontra implementado e em funcionamento, no entanto, em nenhum deles se verifica uma aplicação completa a todas as especialidades do projecto.

O licenciamento automático é um objectivo ambicioso, capaz de agilizar significativamente a gestão e execução dos projectos, no entanto, são necessárias infraestruturas não só a nível de equipamento como também a nível funcional.

O licenciamento automático apenas faz sentido numa perspectiva de utilização de modelos BIM. Pelas contrapartidas vantajosas que oferece, o licenciamento automático é assim encarado também como um estímulo à utilização de ferramentas BIM, não apenas para este fim, mas numa perspectiva global.

A aplicação de licenciamento automático de projectos de redes de distribuição predial de água desenvolvida na FEUP, o LicA, foi desenvolvida para evidenciar as potencialidades que a utilização individual de uma aplicação BIM pode oferecer. Uma utilização mais abrangente deverá multiplicar as vantagens de forma exponencial dado que não se beneficia apenas com as potencialidades individuais de uma aplicação, beneficia-se também com a interacção entre as várias aplicações.

6. Bibliografia

- (1) C. Eastman, T.S. Jeng, "A database supporting evolutionary product model development for design", *Automation in Construction* 8 (3) (1999) 305-323.
- (2) I. Howell, B. Batcheler, "Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential, Some Success and Several Limitations", *The Laiserin Letter* (2005).
- (3) C. McGraw-Hill, *Building Information Modeling (BIM) - Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity*, in: C. McGraw-Hill (Ed.), *SmartMarket Report*, 2008.
- (4) C. McGraw-Hill, "The Business Value of BIM - Getting Building Information Modeling to the Bottom Line", *SmartMarket Report* (2009).
- (5) C. McGraw-Hill, "The Business Value of BIM in Europe", *SmartMarket Report* (2010).
- (6) J.P.d.S. Poças Martins, *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção, Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos*, Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- (7) M.P. Gallaher, A.C. O'Connor, J.L. Dettbarn, J.a.L.T. Gilday, "Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry", *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, Gaithersburg, MD, USA (2004).
- (8) BuildingSMART, "IFC Overview", buildingSMART, International home of openBIM, Model Support Group, Implementation Support Group (2011).
- (9) H.W. Ashcraft, "Implementing BIM: A Report From the Field on Issues and Strategies", *The 47th Annual Meeting of Invited Attorneys* (2008).
- (10) M.D. Gross, "Elements That Follow Your Rules: Constraint Based CAD Layout", *Proceedings of Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)* Tuscon, AZ (pp. 115-122) (1996).

- (11) S.J. Fenves, "Tabular decision logic for structural design", *Journal of Structural Engineering* 92 (ST6) 473-490 (1966).
- (12) D. Jain, K.H. Law, H. Karwinkler, "On processing standards with predicate calculus", *Proceedings of the Sixth Conference on Computing in Civil Engineering*, ASCE, Atlanta, Georgia (1989).
- (13) W.J. Rasdorf, S. Lakmazaheri, "Logic-based approach for modeling organization of design standards", *Journal of Civil Engineering* 4 (2) (102-123) (1990).
- (14) S.J. Fenves, J.H. Garrett, H. Kiliccote, K.H. Law, K.A. Reed, "Computer representation of design standards and building codes: U.S. perspective", *The International Journal of Construction Information Technology* Vol 3 (Page 13-34) (1995).
- (15) S.J. Fenves, R.N. Wright, F.I. Stahl, K.A. Reed, "Introduction to SASE: Standards Analysis, Synthesis, and Expression", U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards Report NBSIR 87-3513 (1987).
- (16) D. Greenwood, S. Lockley, S. Malsane, J. Matthews, "Automated compliance checking using building information models", *Cobra 2010 - The Construction, Building and Real Estate Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors Dapuhine Université, Paris*, 2-3 September 2010 (2010).
- (17) R. Anderl, R. Mendgen, "Modelling with constraints: theoretical foundation and application", *Computer-Aided Design* 28 (3): 155-168 (1996).
- (18) F. Oxel, "Life safety issues in hotel/casino occupancies", *Proceedings of the 2nd International Fire Research and Engineering Conference*, Center for Fire Research (1998).
- (19) J.H. Garrett Jr., S.J. Fenves, "A knowledge-based standards processor for structural component design", *Engineering with Computers* 2 (2) (1987) 219-238.
- (20) C. Han, J. Kunz, K. Law, "Building design services in a distributed architecture", *Journal of Computing in Civil Engineering* ASCE 13 (1) (1999) 12-22.
- (21) C. Han, J. Kunz, K. Law, "Compliance Analysis for Disabled Access, Advances in Digital Government Technology, Human Factors, and Policy", WilliamJ. McIver Jr., AhmedK. Elmagarmid (Eds.), Kluwer, Boston, MA (2002) pp. 149-163.
- (22) buildingSMART, "The CORENET project in Singapore", *buildingSMART Case Studies* (2006).
- (23) ByggSøk, "eGovernment in the field of zoning, building and construction", National Office of Building Technology and Administration (2011).
- (24) L. Ding, R. Drogemuller, M. Rosenman, D. Marchant, J. Gero, "Automating code checking for building designs - DesignCheck", *Cooperative Research Centre (CRC) for Construction Innovation Information and communication technologies - improving efficiencies* (2006).
- (25) ICC, "SMARTcodes Frequently Asked Questions", International Code Council (2007).
- (26) C. Eastman, J.-m. Lee, Y.-s. Jeong, J.-k. Lee, "Automatic rule-based checking of building designs", *Automation in Construction* 18 (8) (2009) 1011-1033.
- (27) R.A. Niemeijer, B.d. Vries, J. Beetz, "Check-mate: automatic constraint checking of IFC models", *Eindhoven University of Technology* (2009).
- (28) I.O.f.S. ISO, "Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform)", ISO/PAS 16739:2005 (2011).
- (29) B.A. Ellis, "Building Information Modeling: An Informational Tool for Stakeholders", *Government/Industry Forum, Federal Facilities Council* (2006).
- (30) W. Behrman, *Best Practices for the Development and Use of XML Data Interchange Standards*, CIFE Technical Report, Stanford University, 2002.
- (31) M. Libicki, J. Schneider, D.R. Frelinger, A. Slomovic, *Scaffolding the New Web*, RAND, Santa Monica, California, 2000.
- (32) A. Monteiro, *Avaliação da aplicabilidade do modelo IFC ao licenciamento automático de projectos de redes de distribuição predial de água*, Tese de Mestrado Integrado, Departamento de Engenharia Civil, Secção de Construções Civas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.